

KOREAN PATENT ABSTRACTS

(11)Publication number: 1020020074922 A  
(43)Date of publication of application: 04.10.2002

(21)Application number: 1020010015001  
(22)Date of filing: 22.03.2001

(71)Applicant: SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.  
(72)Inventor: KIM, SEONG TAE  
LEE, YUN JEONG  
PARK, SUN YEON  
PARK, YEONG UK  
WON, SEOK JUN  
YOO, CHA YEONG

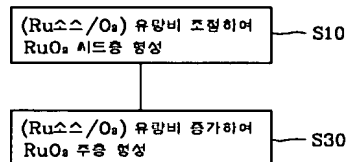
(51)Int. Cl. H01L 21/205

(54) METHOD FOR DEPOSITING RUTHENIUM LAYER INCLUDING RUTHENIUM OXIDE SEEDING LAYER

(57) Abstract:

PURPOSE: A method for depositing a ruthenium layer including a ruthenium oxide seeding layer is provided to improve a step coverage and a surface morphology of the ruthenium layer deposited on a pattern of a three-dimensional structure.

CONSTITUTION: A ruthenium layer is deposited twice by changing the condition of a chemical vapor deposition process of the ruthenium layer. A seeding layer including a ruthenium oxide layer is formed by reducing a flow rate between a ruthenium source and an oxygen gas supplied to a chamber in order to form possible uniformly and finely seed particles(S10). A main ruthenium layer is formed on an upper surface of the seeding layer by increasing a flow rate between a ruthenium gas and the oxygen gas within the same chamber by an in-situ process(S30). The seeding layer including the ruthenium oxide layer is a RuO<sub>2</sub> layer or a mixed layer of Ru and RuO<sub>2</sub>.



&copy; KIPO 2003

Legal Status

Date of request for an examination (20010322)

Final disposal of an application (application)

(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup> (11) 공개번호 특2002-0074922  
H01L 21/205 (43) 공개일자 2002년10월04일

(21) 출원번호	10-2001-0015001
(22) 출원일자	2001년03월22일
(71) 출원인	삼성전자 주식회사
(72) 발명자	경기 수원시 팔달구 매탄3동 416 원석준 서울특별시관악구봉천7동1603-25 유차영 경기도수원시권선구금곡동530번지엘지빌리지203동1302호 김성태 서울특별시서초구서초동1436-1현대아파트20동805호 박영옥 경기도안양시동안구갈산동샘마을임광아파트301동703호 이윤정 서울특별시관악구남현동1081-34 박순연 대구광역시남구봉덕동539-11 이영필, 정상빈
(74) 대리인	이영필, 정상빈

본 발명의 명칭

(54) 루테튬 산화막 싸딩층을 포함하는 루테튬막 증착 방법

요약

화학 기상증착 챔버에 도입되는 산소 가스 유량 및 루테튬 소스의 유량 중의 적어도 하나를 조절하여 산소 가스에 대한 루테튬 소스의 유량비를 감소시킴으로써, 웨이퍼 상에 루테튬 산화막을 시드로 하는 싸딩층을 형성한다. 다음 산소 가스 유량에 대한 루테튬 소스의 유량비를 상대적으로 증가시켜 싸딩층 상에 루테튬 주층을 형성함으로써 루테튬막을 완성한다. 루테튬 산화막을 포함하는 싸딩층 및 이런 싸딩층을 포함하는 루테튬막은 트랜치 또는 홈이 제공된 하지막 상에 형성될 경우, 그의 모폴로지 및 단차 도포성이 우수하게 되어, 예를 들면, 실린더형 또는 핀형과 같은 캐패시터의 하부/상부 전극에 사용될 수 있다.

도면

도1

도2(a)

루테튬 산화막, 유량비, 모폴로지, 단차 도포성

도2(b)

도면의 간단한 설명

도 1은 증착 조건 중 챔버 내의 압력과 기판 온도의 변화에 따라 화학기상 증착되는 루테튬막의 모폴로지의 분포를 개념적으로 도시한 그래프이다.

도 2는 증착 조건 중 챔버 내의 압력과 산소 가스의 유량의 변화에 따라 화학기상증착되는 루테튬막의 모폴로지 분포를 개념적으로 도시한 그래프이다.

도 3a 및 도 3b, 도 4a 및 도 4b 그리고 도 5a 및 도 5b는 각각 다른 조건에서 화학 기상증착된 루테튬막의 표면 및 단면을 주사전자현미경으로 촬영한 사진들이다.

도 6a 및 도 6b는 본 발명에 따른 루테튬막의 증착 방법을 나타내는 흐름도 및 이에 의해 형성된 루테튬막의 단면도를 나타낸다.

도 7은 싸딩층 형성 공정에서 루테튬 소스/산소 가스의 유량비에 따른 증착율의 변화의 일예를 보여주는 그래프이다.

도 8a 내지 도 8d는 도 7의 A 내지 D 조건에 있는 씨딩층의 표면을 주사전자현미경으로 촬영한 사진들이다.

도 9는 도 7의 A와 D 조건에 있는 씨딩층을 엑스선 회절 분석법으로 분석한 결과를 보여주는 그래프이다.

도 10은 씨딩층 형성 공정에서 루테튬 소스/산소 가스의 유량비에 따른 증착층의 변화의 다른 예를 보여주는 그래프이다.

도 11a 및 도 11b는 트렌치를 구비한 하지막 상에 본 발명의 사상에 따라 형성된 루테튬막의 표면 및 단면을 주사전자현미경으로 촬영한 사진들이다.

## 본 발명의 실시예

### 본 발명의 개요

#### 본 발명의 목적, 기술 및 그 본 발명의 장점

본 발명은 루테튬막의 증착 기술에 관한 것으로, 특히 3차원 구조의 패턴에 증착된 루테튬막의 표면 모폴로지 및 단차 도포성을 향상시킬 수 있는 루테튬막의 증착 방법에 관한 것이다.

루테튬(Ru), 백금(Pt), 이리듐(Ir), 오스뮴(Os) 등의 귀금속은 높은 가격 때문에 반도체 집적 회로에 별로 쓰이지 않았으나, 최근 이들 귀금속 또는 그 산화물을 캐패시터의 하부 전극 또는 상부 전극으로 사용하는 연구가 활발해지고 있다. 이는 최근 높은 유전 상수를 가지는  $Ta_2O_5$ ,  $BST((Ba,Sr)TiO_3)$ ,  $PZT((Pb,Zr)TiO_3)$  등의 유전막으로 사용하는 경우에, 종래 전극물질로 많이 사용하던 다결정 실리콘으로는 원하는 캐패시터의 전기적 특성을 얻지 못하기 때문이다. 또한, 특히 루테튬의 경우 누설 전류 특성이 우수하고 백금보다 식각이 용이하여 루테튬막을 캐패시터의 전극으로 사용하기 위한 연구가 활발해지고 있다.

종래, 루테튬막을 형성하는 방법으로는 스퍼터링법을 주로 이용하였다. 스퍼터링법에 의해 형성된 루테튬막은 조밀하게 형성되고 표면 모폴로지가 양호하여 누설전류 특성이나 면저항 특성이 우수하다. 그러나, 스퍼터링법에 의한 루테튬막은 단차 도포성이 나빠, 고집적도에 따른 높은 캐패시턴스의 확보를 위한 실린더형이나 핀형의 입체적인 형상을 가지는 캐패시터 전극 형성에 적용하기 곤란한 단점이 있다.

스퍼터링법의 나쁜 단차 도포성을 극복할 수 있는 방법으로서 제안된 것이 화학기상증착법이다. 화학기상증착법은 기화된 루테튬 소스와 반응 가스(옥사)를 이용하여 기판이나 중간 절연막 상에 루테튬을 증착하므로 단차 도포성이 우수한 특징이 있다. 그러나, 화학기상증착법으로 형성된 루테튬막은 스퍼터링법으로 형성된 루테튬막에 비해 표면 모폴로지가 나빠 원하는 누설전류 특성이나 면저항을 얻기 힘들다는 단점이 있다.

#### 본 발명의 목적, 기술 및 그 본 발명의 장점

따라서, 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 단차 도포성과 표면 모폴로지 특성이 양호한 루테튬막을 형성하는 방법을 제공하는 것이다.

#### 본 발명의 실시예

본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제를 달성하기 위해, 웨이퍼가 적재된 화학기상증착 챔버를 준비한다. 화학 기상증착 챔버에 도입되는 산소 가스 유량에 대한 루테튬 소스의 유량의 비율 조절하여, 웨이퍼 상에 루테튬 산화막을 시드로 하는 씨딩층을 형성한다. 다음 산소 가스 유량에 대한 루테튬 소스의 유량비를 증가시켜 씨딩층 상에 루테튬 주층을 형성함으로써 루테튬막을 형성한다. 루테튬 산화막의 씨딩층을 형성하기 위해서는 먼저, 산소 가스 유량에 대한 루테튬 소스의 유량의 비율 줄여가면서 씨딩층의 증착속도가 급격히 증가하는 시점을 파악한다. 그리고 파악된 시점에서 결정되는 유량비 조건을 근거로 하여 유량비를 좀더 줄이면 입자의 크기가 작아지면서도 시드의 형성 밀도가 높은 씨딩층을 형성할 수 있다. 한편, 씨딩층 형성을 위한 산소 가스 유량에 대한 루테튬 소스의 유량의 비는 화학 기상 증착 챔버의 구조, 압력, 기판 온도 또는 루테튬 소스의 종류에 따라 변동된다. 또한 씨딩층 형성을 위한 산소 가스 유량에 대한 루테튬 소스의 유량의 비는, 산소 가스의 유량을 고정된 상태에서 루테튬 소스의 유량을 줄이는 방법, 루테튬 소스의 유량을 고정된 상태에서 산소 가스의 유량을 증가시키는 방법 그리고 루테튬 소스의 유량을 줄이면서 동시에 산소 가스의 유량을 증가시키는 방법에 의해 조절될 수 있다.

한편, 씨딩층의 형성 밀도를 증가시키기 위해, 씨딩층 형성 단계에서 화학기상증착 챔버의 압력은 제 1 압력으로 유지되고 산소 가스의 유량은 제 1 유량으로 유지되며, 주층 형성 단계에서는 화학기상증착 챔버의 압력은 제 1 압력보다 낮은 제 2 압력으로 유지되고 산소 가스의 유량은 제 1 유량보다 적은 제 2 유량으로 유지되게 한다. 구체적으로, 제 1 압력은 5 내지 50Torr이고, 제 2 압력은 0.1 내지 10Torr이며, 제 1 유량은 500 내지 2000sccm이며, 제 2 유량은 10 내지 300sccm인 것이 바람직하다.

또한, 씨딩층 및 루테튬 주층의 형성 단계에서, 화학 기상증착 챔버의 온도는 200 내지 400°C로 유지되되 씨딩층 형성 단계 보다 루테튬 주층 형성 단계에서 더 높게 하는 것이 바람직하다.

씨딩층 형성 단계와 루테튬 주층 형성 단계 사이에, 산소 또는 오존 분위기에서 씨딩층을 열처리 할 수 있고, 루테튬 주층 형성 단계 이후에도 산소 또는 오존 분위기에서 열처리 할 수 도 있다.

이러한 루테튬 막을 형성하기 위한 소스로는 기화된  $Ru(C_2H_5C_2H_5)_2$ ,  $Ru(C_4H_9O)_2$ ,  $Ru(C_2H_5)_2$  또는  $Ru(CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3)_2$  를 사용할 수 있다.

보다 구체적으로, 루테튬 소스로  $Ru(C_2H_5C_2H_5)_2$ 를 사용하는 경우 산소 가스 유량에 대한 루테튬 소스의 유량의 비가  $6 \times 10^{-6}$  이하에서 루테튬 산화막 씨딩층이 형성되기 시작한다.

전술한 씨딩층과 루테튬 주층으로 이루어진 루테튬막을 트렌치 구조를 가지는 하지막 상에 형성하면, 비록 그 두께가 얇더라도 루테튬막이 하지막의 노출면이 트렌치의 내벽에도 균일하게 형성된다. 따라서, 본 발명에 의한 루테튬막은 양호한 단차 도포성과 모폴로지를 갖는다.

이하 첨부된 도면을 참조로 본 발명을 설명한다.

본 발명을 설명하기 앞서, 화학기상증착법에 의해 형성된 루테튬막의 특성을 살펴본다. 루테튬막을 화학 기상증착법으로 형성하면 도 1 및 도 2에 나타난 것과 같은 경향을 보임을 알 수 있었다. 화학기상증착이 이루어지는 챔버의 온도가 낮으며 챔버의 압력이 낮은 경우에 또는 챔버에 공급되는 산소 가스의 유량이 많고 압력이 높은 경우에는 도 3a 및 도 3b에 도시된 것과 같은 형상의 루테튬막이 형성된다. 형상의 루테튬막은 씨드형성 밀도는 커서 단차도포성은 우수하나 씨딩층에는 루테튬 이외에 산소가 불순물로 포함되어 있어 면저항이 크며, 씨드 입자의 모양에 침점이 많이 존재하여 캐패시터의 전극으로 사용될 경우 누설전류가 발생할 수 있다.

한편, 챔버 내의 기판 온도가 높으며 챔버의 압력이 높은 경우에 또는 챔버에 공급되는 산소 가스의 유량이 적고 압력이 낮은 경우에는 도 5a 및 도 5b에 도시된 것과 같은 양상의 루테튬막이 형성된다. 양상의 루테튬막은 모든 방향으로 균일하게 입자 성장이 이루어지나 씨드 형성 밀도가 작다. 따라서, 두께가 증착하는 경우 표면 모폴로지는 형상에 비해 좋고 면저항은 상대적으로 낮으나, 압력 증착하는 경우 씨드 형성이 등성등성하게 이루어져 입자와 입자 사이에 하지막이 드러나므로, 균일한 박막의 증착에는 부적합하다. 따라서, 3차원 구조의 트렌치 또는 홈이 제공된 반도체 기판 상에 양상의 루테튬막을 얇게 증착하면, 도 5b에 도시된 것과 같이 트렌치 또는 홈의 내벽에는 루테튬막이 불연속적으로 형성된다.

판상의 루테튬막의 경우는 형상과 양상의 중간 정도의 단차 도포성과 모폴로지 특성을 가진다. 그런데, 양상의 루테튬막과 마찬가지로, 3차원 구조의 트렌치 또는 홈이 제공된 반도체 기판 상에 판상의 루테튬막을 얇게 증착하면, 도 4b에 도시된 것과 같이 트렌치 또는 홈의 내벽에는 루테튬막이 불연속적으로 형성된다.

한편, 반도체 소자가 점차 고집적화됨에 따라 심린더형 또는 핀형과 같은 3차원적인(입체적인) 모양의 캐패시터 전극이 채용되고 있으며, 이런 캐패시터 전극을 구현하기 위해서는 단차 도포성이 좋고 균일하게 증착되며 전기적 특성이 우수한 박막이 요구된다. 따라서 위와 같은 형상, 판상이나 양상의 루테튬막을 3차원적인 모양의 캐패시터의 상부/하부 전극 또는 다른 금속 배선의 콘택 플러그 또는 상부 배선 등에 그대로 사용하기 힘들게 되었다.

따라서, 도 6a 및 도 6b에 도시된 것과 같이, 본 발명에서는 루테튬막의 화학 기상 증착 공정 조건을 변화시켜 루테튬막을 2단계로 증착한다. 초기에는 가능한 씨드 입자를 조밀하고 균일하게 형성하기 위해, 챔버에 공급되는 산소 가스의 유량에 대한 루테튬 소스의 유량 비를 감소시켜, 루테튬 산화막( $RuO_2$ )으로 이루어진 씨딩층(50)을 형성한다. (S10) 이후에, 인시튜(in-situ)로 동일 챔버 내에서 산소 가스의 유량에 대한 루테튬 가스의 유량비를 증가시켜 씨딩층(50) 상면에, 입자 성장이 균일하게 이루어지는 루테튬 주층(55)을 형성한다. (S30)

여기서, 루테튬 산화막을 포함하는 씨딩층(50)이란 루테튬에 산소가 불순물로서 함유된 형태가 아닌  $RuO_2$  또는  $Ru$ 와  $RuO_2$ 가 존재하는 상태의 층을 의미한다.

도 7, 도 8a 내지 도 8d, 도 9 및 도 10을 참고로, 루테튬 산화막을 포함하는 씨딩층을 형성하는 방법을 살펴본다.

산소 가스 유량에 대한 루테튬 소스의 유량을 감소시키는 방법으로 3가지를 들 수 있다. 첫째, 챔버 내부 유입되는 산소 가스의 유량을 고정한 상태에서, 루테튬막을 증착하기 위한 루테튬 소스의 유량을 서서히 줄이는 경우, 둘째, 루테튬 소스의 유량을 고정한 상태에서 산소 가스의 유량을 증가시키는 경우 및 셋째 루테튬 소스 유량을 감소시키면서 산소 가스의 유량을 증가시키는 경우가 있다.

도 7의 그래프는 첫번째 방법을 사용하여 씨딩층을 형성하는 과정을 보여주며 도 10의 그래프는 두번째 방법을 사용하여 씨딩층을 형성하는 과정을 보여주기 위한 것이다. 한편, 루테튬 소스로는 가화된  $Ru(C_2H_5C_2H_5)_2$ ,  $Ru(C_4H_9O)_2$ ,  $Ru(C_2H_5)_2$  또는  $Ru(CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2)_2$ 를 사용할 수 있으며, 도 7 및 도 10의 그래프는 루테튬 소스로서  $Ru(C_2H_5C_2H_5)_2$ (이하에서는  $Ru(EtCp)_2$ 라 함)를 사용하여 나온 결과이다.

먼저 도 7을 살펴보면, 20Torr의 압력 하에서 산소 가스 유량을 1250sccm으로 고정하고 루테튬막을 증착하기 위한 루테튬 소스의 유량을 서서히 줄여가면서 형성되는 씨딩층의 증착률(또는 증착 두께)을 관찰하였다. 루테튬 소스의 유량을 0.09sccm(상태 E)에서 0.06sccm(상태 D)으로 감소시켜도 씨딩층의 증착 속도에는 큰 변화가 없으며, 루테튬 소스의 유량을 0.05sccm(상태 C)로 감소시키면 증착두께가 약간 증가한다. 그런데, 루테튬 소스의 유량을 0.05sccm(상태 C)이하로 만들면 씨딩층의 증착 두께는 급격히 증가한다. 그러면, 증착 두께의 변화가 씨딩층의 입자의 모양 및 밀도에 어떤 영향을 주는 지 살펴본다. 상태 D에서는 도 8d에 도시된 것과 같이 씨딩층의 입자 모양이 침상을 띠게 된다. 전술한 바와 같이 침상의 입자를 갖는 씨딩층은 높은 씨드 형성 밀도를 가진다. 그런데, 상태 C에 도달하면 도 8c에 도시된 것과 같이 입자의 모양이 침상에서 동급동급한 모양으로 변화되기 시작한다. 즉 침상의 구조가 가지는 침점이 줄어들기 시작한다. 루테튬 소스의 유량을 계속 줄이면 즉, 산소 가스 유량에 대한 루테튬 가스 유량의 비율 계속 줄이면 상태 B 및 상태 A의 씨딩층을 형성한 도 8b 및 도 8a에 나타난 바와 같이, 동급동급한 모양을 가지는 입자의 크기가 작아지게 된다. 즉, 입자의 크기가 작아져서 씨드 형성 밀도는 높아지고, 입자는 침점이 없는 동급동급한 입자로 변화게 될 수 있다.

이상에서, 산소 가스의 유량에 대한 루테튬 소스의 유량비가 일정치 이하가 되면 조밀하면서도 균일한 씨드로 이루어진 씨딩층이 형성됨을 알 수 있다. 즉 씨딩층의 모폴로지와 단차 도포성이 양호함을 알 수 있

다.

전술한 씨딩층 상면에, 통상의 화학기상증착법으로 루테튬 주층을 형성한다. 주층 형성 시에는 씨딩층 형성시 사용된 산소 가스의 유량에 대한 루테튬 소스의 유량비보다 큰 유량비를 사용한다. 주층이 양호한 모폴로지와 단차 도포성을 갖는 씨딩층 상면에 형성되므로, 주층 또한 모폴로지와 단차 도포성이 양호하게 된다. 또한, 씨딩층의 씨드가 침점이 없는 동글동글한 모양을 가지므로, 이런 씨딩층을 포함하는 루테튬막을 캐패시터의 상부/하부 전극 또는 다른 금속 배선의 상부 배선에 사용할 경우에, 누설 전류가 발생할 가능성이 상당히 줄어들게 되었다.

도 9를 참조하여, 도 7의 상태 A와 상태 0의 조건에서 증착된 막을 엑스레이 회절 분석법을 통해 분석한 결과를 살펴보면, A조건에서 증착된 막은 루테튬 산화막이며 0조건에서 증착된 막은 루테튬막임을 알 수 있다.

한편, 도 10은 산소 가스 유량에 대한 루테튬 소스의 유량 비를 줄이는 두번째 방법을 사용하여 형성된 씨딩층의 증착 두께 변화를 나타낸다.

30Torr의 압력 하에서 Ru(EtCp)<sub>3</sub>의 유량을 0.03ccm으로 고정하고 산소 가스의 유량을 서서히 증가시키면서, 씨딩층의 증착률(또는 증착 두께)을 관찰하였다. 산소 가스의 유량을 500sccm(상태 1)에서 1000sccm(상태 H)와 1500sccm(상태 G)로 증가시키면 증착두께가 약간 증가한다. 그런데, 산소 가스의 유량을 2000sccm(상태 F)로 증가시키면 씨딩층의 증착 두께는 급격히 증가한다. 그리고, 도 10에 표시된 바와 같이, 증착 두께의 변화가 급격히 일어난 지점인 상태(F)에서는 루테튬 산화막이 형성되고 나머지 지점(상태 G, H 및 I)에서는 루테튬막이 형성된다. 도 7, 도 8a 내지 도 8d 및 도 9에 나타난 바와 같이, 루테튬 산화막일 경우에는 시드의 형성 밀도가 조밀하고 침점이 없다. 즉, 루테튬 소스 유량을 고정한 상태에서 산소 가스의 유량을 증가시켜서도, 표면 모폴로지 및 단차 도포성이 양호한 씨딩층을 형성할 수 있음을 확인할 수 있다.

도 7 및 도 10의 결과로부터, 루테튬 소스의 유량과 산소 가스의 유량 양자가 씨딩층의 모폴로지와 단차 도포성에 영향을 줄 수 있었다. 따라서, 개시되지 않았으나, 루테튬 소스의 유량을 감소시키면서 산소 가스의 유량도 증가시킬 경우에도 모폴로지와 단차 도포성이 양호한 씨딩층을 얻을 수 있음은 자명하다.

한편, 씨딩층 형성 시 루테튬 산화막이 형성되는 조건 즉, 증착 속도의 급격한 증가가 발생하는 시점은 증착에 사용되는 챔버의 구조, 챔버의 압력, 챔버내의 기판의 온도, 사용하는 루테튬 소스의 종류 등에 따라 달라질 수 있다.

한편, 씨딩층의 시드 형성 밀도를 더욱 높이기 위해, 씨딩층 형성 시의 챔버의 압력을, 루테튬 주층 형성 시의 챔버의 압력보다 높게 유지하고, 산소 가스의 유량을 루테튬 주층 형성 시의 산소 가스의 유량보다 크게 하는 것이 바람직하다. 예를 들면 씨딩층 형성 시의 챔버의 압력은 5 내지 50Torr로 유지하고 산소 가스의 유량은 500 내지 2000sccm으로 유지하고 주층 형성 시에는 0.1 내지 10Torr로 유지하며 산소 가스 유량은 10 내지 300sccm으로 유지할 수 있다.

또한, 씨드 형성 밀도를 더욱 더 증가시키기 위한 일환으로, 일정 온도 범위에서, 씨딩층 형성 시의 기판 온도를 주층 형성 시의 기판 온도 보다 낮게 설정할 수 있다.

구체적으로, 도 7에 도시된 RuO<sub>3</sub>가 함유된 씨딩층을 형성하기 위해서는 산소 가스의 유량에 대한 루테튬 소스의 유량비가 0.05/1250( $4 \times 10^{-5}$ )이하이며, 도 10에 도시된 RuO<sub>3</sub>가 함유된 씨딩층을 형성하기 위해서는 산소 가스의 유량에 대한 루테튬 소스의 유량비는 ( $4 \times 10^{-6}$ )이하이다.

또한, 화학기상 증착 챔버의 압력은 5 내지 50Torr이고 온도는 200 내지 400°C인 것이 바람직하며, 이런 씨딩층은 300Å이하(더욱 바람직하게는 100Å 이하)가 바람직하다. 그리고 전술한 씨딩층 상면에 형성될 주층을 형성하기 위해, 챔버의 압력은 0.1 ~10Torr로 조절하는 것이 바람직하다. 루테튬 소스로 Ru(EtCp)<sub>3</sub>를 사용하고 샤워헤드형(Shower head type)의 반응 챔버를 사용할 경우에는 기판 온도를 270~350°C로 압력을 20~30Torr로 조절하여 씨딩층을 형성한다. 주층을 형성하기 위해서, 기판 온도를 씨딩층 형성 시와 동일한 온도 범위에서 씨딩층 형성 시의 기판 온도 보다 상대적으로 높게 하고 챔버의 압력은 0.5~5Torr로 조절한다.

도 11a 및 도 11b는 깊이가 100nm이고 110nm의 단축 방향의 임계치(CD:critical dimension)를 가지는 트렌치를 구비한 패턴 상에 본 발명의 사상에 따라 형성된 루테튬막의 평면 및 단면을 주사 전자 현미경으로 촬영한 사진들이다. RuO<sub>3</sub>가 함유된 씨딩층은 320°C, 20 Torr, Ru(EtCp)<sub>3</sub>의 유량은 0.03ccm, 산소 가스의 유량은 1250sccm으로 하여 20초간 증착하여 형성하고, 주층은 320°C, 0.5 Torr, Ru(EtCp)<sub>3</sub>의 유량은 0.045ccm, 산소 가스의 유량은 45sccm으로 하여 4분간 증착하여 형성한 것이다. 도면에 나타난 바와 같이, 깊은 트렌치의 내벽을 따라 하지막의 노출없이 루테튬막이 균일하게 도포되어 있음을 알 수 있다.

#### 타 실시예

화학기상증착 챔버 내로 공급되는 산소 가스의 유량에 대한 루테튬 소스의 유량의 비를 조절(감소)하여 단차 도포성 및 모폴로지가 양호한, 루테튬 산화막을 포함하는 씨딩층을 형성할 수 있다. 따라서, 트렌치 또는 홀이 제공된 하지막에 모폴로지 및 단차 도포성이 우수한 루테튬막을 증착할 수 있다. 예를 들면, 실린더형 또는 핀형과 같은 캐패시터의 하부/상부 전극으로 루테튬막을 형성할 때 본 발명을 적용하면, 누설 전류가 감소되면서도 모폴로지와 단차 도포성이 양호한 캐패시터를 형성할 수 있게 된다.

본 발명의 다른 특징

청구항 1. 웨이퍼가 적재된 화학기상증착 챔버를 준비하는 단계,

상기 화학 기상 증착 챔버 내로 유입되는 산소 가스의 유량에 대한 상기 화학 기상 증착 챔버로 유입되는 루테튬 소스의 유량의 비를 조절하여, 상기 웨이퍼 상에 루테튬 산화물을 포함하는 씨딩층을 형성하는 단계, 및

상기 씨딩층 형성 시 사용되었던 상기 산소 가스의 유량에 대한 상기 루테튬 소스의 유량비를 증가시켜 상기 씨딩층 상에 루테튬으로 이루어지는 주층을 형성하는 단계를 포함하는 루테튬막 형성 방법.

청구항 2. 제 1 항에 있어서, 상기 씨딩층 형성 단계에서 채용될 수 있는 산소 가스 유량에 대한 루테튬 소스의 유량의 비는, 상기 씨딩층의 증착속도가 급격히 증가하는 시점을 기준으로 하여 결정되는 루테튬막 형성 방법.

청구항 3. 제 1 항에 있어서, 상기 씨딩층 형성을 위해 사용되는 상기 산소 가스 유량에 대한 루테튬 소스의 유량의 비는 산소 가스의 유량 및 루테튬 소스 유량 중의 적어도 하나를 조절함으로써 결정되는 루테튬막 형성 방법.

청구항 4. 제 1 항에 있어서, 상기 씨딩층 형성 단계에서 채용될 수 있는 산소 가스 유량에 대한 루테튬 소스의 유량의 비는 상기 화학 기상 증착 챔버의 구조, 압력, 온도 또는 루테튬 소스의 종류에 따라 변동되는 루테튬막 형성 방법.

청구항 5. 제 1 항에 있어서, 상기 씨딩층 형성 단계에서 상기 화학기상증착 챔버의 압력은 제 1 압력으로 유지되고 상기 산소 가스의 유량은 제 1 유량으로 유지되며, 상기 주층 형성 단계에서는 상기 화학 기상증착 챔버의 압력은 상기 제 1 압력보다 낮은 제 2 압력으로 유지되고 산소 가스의 유량은 상기 제 1 유량보다 적은 제 2 유량으로 유지되는 루테튬막 형성 방법.

청구항 6. 제 5 항에 있어서, 상기 제 1 압력은 5 내지 50Torr인 루테튬막 형성 방법.

청구항 7. 제 5 항에 있어서, 상기 제 2 압력은 0.1 내지 10Torr인 루테튬막 형성 방법.

청구항 8. 제 5 항에 있어서, 상기 제 1 유량은 500 내지 2000sccm인 루테튬막 형성 방법.

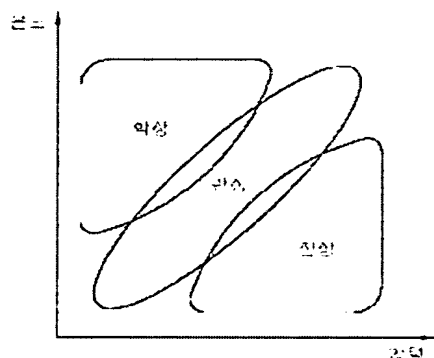
청구항 9. 제 5 항에 있어서, 상기 제 2 유량은 10 내지 300sccm인 루테튬막 형성 방법.

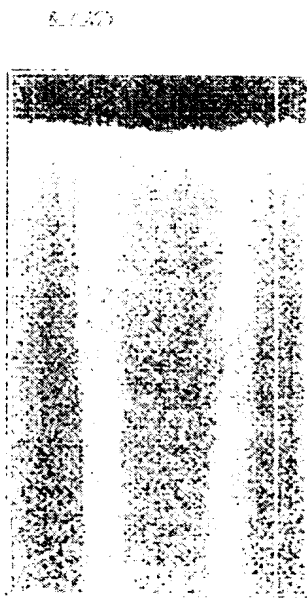
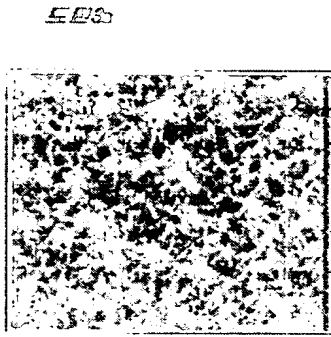
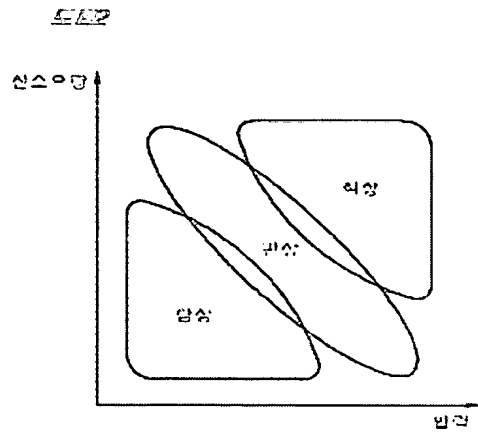
청구항 10. 제 1 항 또는 제 6항에 있어서, 상기 씨딩층 및 상기 루테튬 주층의 형성 단계에서, 상기 화학 기상증착 챔버의 온도는 200 내지 400℃로 유지되는 루테튬막 형성 방법.

청구항 11. 제 10항에 있어서, 상기 화학 기상 증착 챔버의 온도는 상기 씨딩층 형성 단계 보다 상기 루테튬 주층 형성 단계에서 더 높은 루테튬막 형성 방법.

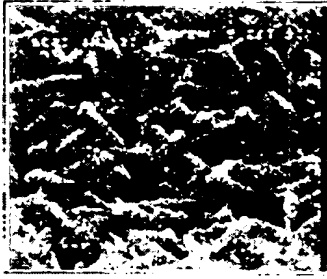
청구항 12. 제 1 항에 있어서, 상기 루테튬 소스는 기화된  $Ru(C_2H_5C_2H_5)_2$ ,  $Ru(C_{10}H_8O_2)_2$ ,  $Ru(C_2H_5)_2$  또는  $Ru(CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3)_2$  인 루테튬막 형성 방법.

청구항 13. 제 1 항에 있어서, 상기 루테튬 소스로  $Ru(C_2H_5C_2H_5)_2$ 를 사용하는 경우 산소 가스 유량에 대한 루테튬 소스의 유량의 비가  $6 \cdot 10^{-5}$ 이하에서 상기 루테튬 산화물 씨딩층을 형성하는 루테튬막 형성 방법.

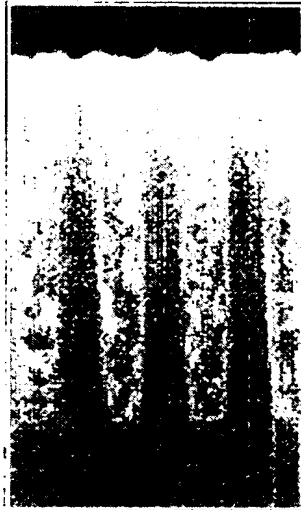




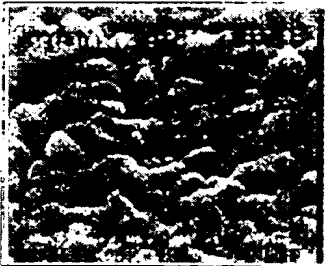
440



550



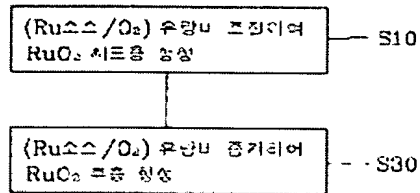
660



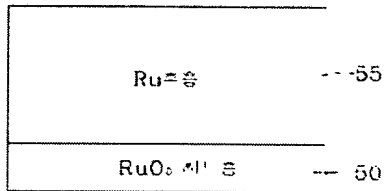
도 12



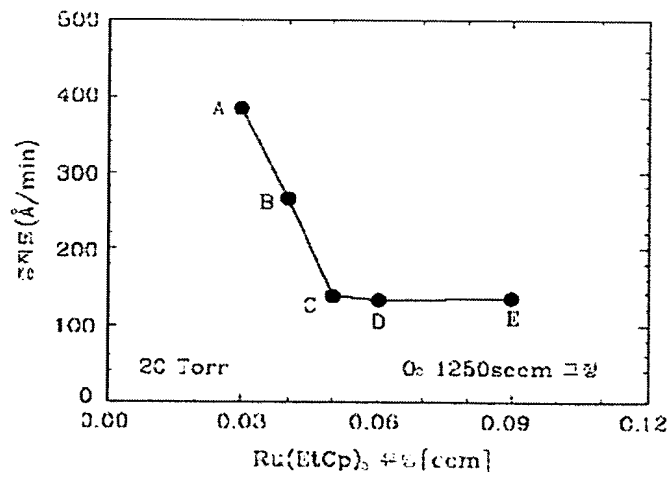
도 13



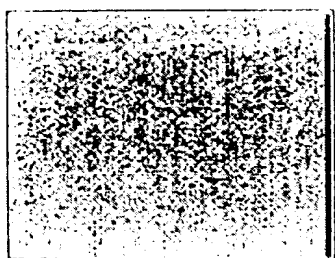
도 14



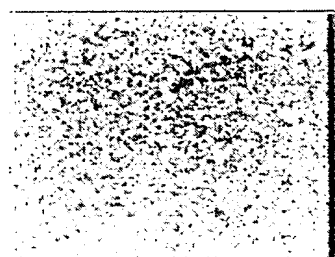
도 15



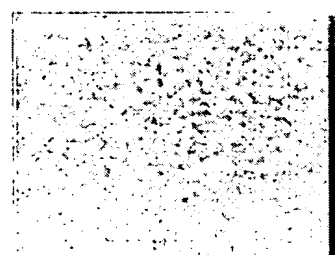
EEB



EEB



EEB



EEB

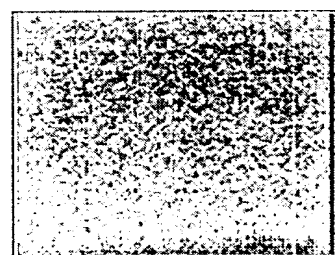


Figure 1

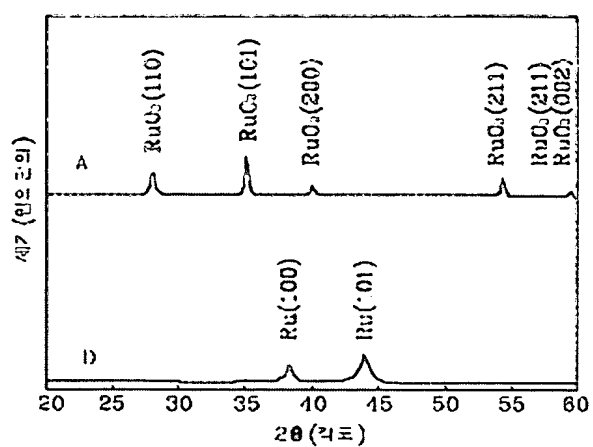


Figure 2

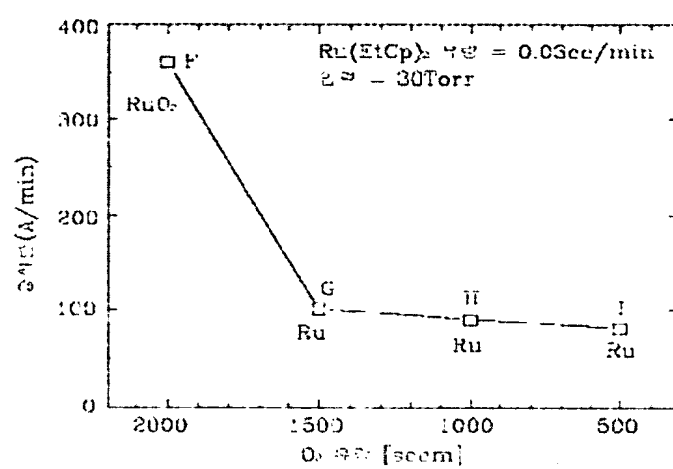
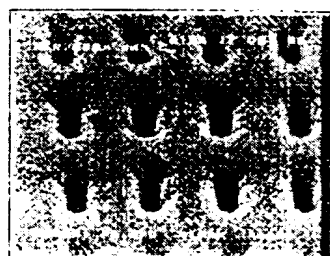


Figure 3



52775

